

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 **Offenlegungsschrift**
11 **DE 37 14858 A1**

33519 WSS-W
51 Int. Cl. 4:
F03 D 9/00
F 03 B 13/00

21 Aktenzeichen: P 37 14 858.3
22 Anmeldetag: 5. 5. 87
43 Offenlegungstag: 24. 11. 88

Behördenzeichen

DE 37 14858 A1

71 Anmelder:
Schopf, Walter, 6370 Oberursel, DE

72 Erfinder:
gleich Anmelder

54 **Getriebe für Wind- und Wasser-Kleinkraftwerksanlagen**

Der Erfindungsgegenstand dient zur effizienteren Erfassung und Umsetzung von regenerativen Energien wie Wind- und Wasserkraft in Elektrizität, insbesondere zur Versorgung autarker Versorgungskreise (Inselbetrieb) sowie zur Anlagenkostenminimierung.

Die erfindungsgemäße Getriebeausbildung teilt den von der Kraftmaschine kommenden Leistungspfad in zwei Leistungspfade für zwei getrennte Versorgungsnetze auf:

einen drehzahlgeregelten Leistungspfad zum Antrieb eines kleineren Wechselstromgenerators zur vorrangigen Versorgung eines Grundlastnetzes mit sauberem, frequenzkonstantem Strom, sowie in einen Leistungspfad zum Antrieb eines nicht drehzahlgeregelten größeren Generators zur Umsetzung der anfallenden, den Grundbedarf überschreitenden Energien, z. B. für Heizzwecke, der elektrolytischen Wasserstoffgewinnung oder für sonstige Speicherzwecke.

Außer des Vorteils geringer Verluste, und somit effizienter Energieumsetzung bei Anfall nur geringer Energiemengen, können damit Bauaufwand und Kosten des drehzahlgeregelten Versorgungspfades klein gehalten und die Komponenten für die Umsetzung sporadisch auftretender überschüssiger Energien robust, kostengünstig und betriebssicher ausgebildet werden.

DE 37 14858 A1

Patentansprüche

1. Getriebe zum Übertragen und Wandeln von Drehzahl und Drehmoment zwischen Kraft- und Arbeitsmaschine(n) für Wind- und Wasserklein-
kraftwerksanlagen zum Erzeugen von Elektrizität, insbesondere zur Versorgung autarker Versorgungsnetze, dadurch gekennzeichnet, daß die Kraftmaschine (11, 34) über ein Getriebe (12, 32, 31) mit mindestens zwei Arbeitsmaschinen (13, 14, 10 und 37, 38) in Verbindung steht, wobei dieses Getriebe (12, 30) mindestens eine stufenlose, in der Übersetzung variable Basis (15, 31) und eine starre, bzw. mit dem Eingang (11, 34) in einem festen Übersetzungsverhältnis stehende Ausgangsgetriebebasis (17, 44) aufweist.
2. Getriebe zum Übertragen und Wandeln von Drehzahl und Drehmoment zwischen Kraft- und Arbeitsmaschine(n) für Wind- und Wasserklein-
kraftwerksanlagen zum Erzeugen von Elektrizität, insbesondere zur Versorgung autarker Versorgungsnetze, dadurch gekennzeichnet, daß die Kraftmaschine (20, 119) über ein Überlagerungsgetriebe (21, 103) mit 2 Ausgängen mit je einer Arbeitsmaschine (22, 23, 104, 105) gekoppelt ist, dieses Überlagerungsgetriebe so gearret und ausgelegt ist, daß die Drehzahlen der einen Arbeitsmaschine (23, 105) die Drehzahl der anderen Arbeitsmaschine (22, 104) beeinflußt bzw. bestimmt, wobei im untersten Betriebsdrehzahlpunkt (4) der Kraftmaschine (20, 119) die weitgehend konstant zu haltende Nenndrehzahl der einen Arbeitsmaschine (22, 104) erreicht, wenn die andere Arbeitsmaschine (23, 105) stillsteht bzw. blockiert ist, und daß mit zunehmender Kraftmaschinendrehzahl die Drehzahl dieser anderen Arbeitsmaschine (23, 105) ebenfalls zunimmt.
3. Getriebe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Stufenlosgetriebekomponente (12, 31) aus einem Kegelscheibenumschlingungsgetriebe besteht.
4. Getriebe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine feste Übersetzungsstufe (32), ein stufenloses Getriebe (12, 31), eine Wind- oder Wasserkraftmaschinenwelle bzw. deren Lagerung (34, 33, 116) sowie eine Schwenklagerbasis (36, 158) und Generatoranflanschbasen (45, 46) in oder an einem gemeinsamen Gehäuse (12, 30) untergebracht bzw. angeordnet sind.
5. Getriebe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die am Getriebeausgang angeordneten Arbeitsmaschinen Elektrogeneratoren (13, 14, 37, 38) sind, wobei der am drehzahlvariablen Kraftpfad ein Wechselstromgenerator und der am festen Kraftpfad angeordnete Generator (14, 37) bevorzugt ein Wechselstrom- aber auch ein Gleichstromgenerator sein kann, dessen Leistung größer ist als der des anderen Wechselstromgenerators (13, 38).
6. Getriebe nach Anspruch 1, 2, 4 und 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Kraftmaschinen-Getriebe-Generatorkombination zwei Grund-Verbraucherkreise zugeordnet sind:

a) ein Strom-Verbraucherkreis mit weitgehend konstanter Frequenz (mit Verbrauchern, die "saubere" Elektrizität erfordern), wobei die Versorgung durch den drehzahlgeregelten Generator (13, 28, 22, 104) erfolgt, weiterhin

dieser Verbraucher-Grundkreis in weitere Unterkreise aufgeteilt ist;

b) ein Strom-Verbraucherkreis für die Verwertungsmöglichkeit frequenzmäßig niederer Stromqualität für Heizzwecke oder zur elektrolitischen Erzeugung von Wasserstoff.

7. Getriebe nach Anspruch 1, 2, 4, 5 und 6, dadurch gekennzeichnet, daß im gemeinsamen Gehäuse (12, 21, 30) eine mit der Kraftmaschine gekoppelte Schwungmasse angeordnet ist, wobei diese bevorzugt über ein ins "Schnelle" übersetzende Getriebe mit der Kraftmaschine in Verbindung steht.
8. Getriebe nach Anspruch 1, 2, 4 und 5, dadurch gekennzeichnet, daß im gemeinsamen Gehäuse (30, 102) eine mit dem Kraftmaschinenkraftpfad gekoppelte Haltebremse (35, 132) angeordnet ist.
9. Getriebe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das stufenlose Kegelscheibenumschlingungsgetriebe (12, 31, 39) eine selbstregelnde Drehzahlregelung aufweist, z. B. eine bekannte, fliehkraftregler-geregelte hydraulische Übersetzungsverstellung.
10. Getriebe nach Anspruch 1, 4, 5 und 6, dadurch gekennzeichnet, daß Kraftmaschinen-Getriebe-Generatorkombination eine elektrische Leistungs-, Regel- und Steuereinrichtung (147, 155, 149, 150) zugeordnet ist, die folgende Funktionsmerkmale aufweist:

— bei niedrigem Leistungsangebot der Kraftmaschine (119) werden vorrangig Unterkreise des Versorgungsgrundkreises (141) beliefert, wobei zusätzlich und geregelt Leistung so angepaßt wird, daß die Kraftmaschine (119) in einem leistungsoptimalen Drehzahlbetriebsbereich (154) betrieben wird,

— bei Überschreiten des Leistungsangebotes der Kraftmaschine über den Leistungsbedarf des vorrangigen Kreises (141) wird Versorgungskreis (145) intensiv beliefert und dessen Verbraucherleistung so geregelt, daß die Kraftmaschine ebenfalls in einem leistungsoptimalen Drehzahlbereich betrieben wird.

11. Getriebe nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Arbeitsmaschinen (22, 23, 104, 105) Elektrogeneratoren sind, wobei der auf konstanter Drehzahl zu haltende Generator ein Wechselstromgenerator (22, 104) ist und diese Generatoren (22, 23, 104, 105) sowie das Überlagerungsgetriebe (21, 107) coaxial einander zugeordnet sind.
12. Getriebe nach Anspruch 2 und 11, dadurch gekennzeichnet, daß ein Generator (22, 104) eine Hohlwelle aufweist, durch die eine gemeinsame Antriebswelle oder die des anderen Generators geführt ist.
13. Getriebe nach Anspruch 2 und 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Überlagerungsgetriebe-Generatorkombination ein von der Kraftmaschinen-seite her ins Schnelle übersetzendes Stufengetriebe zugeordnet ist oder das Überlagerungsgetriebe mit dieser Funktionseigenschaft ausgestattet ist.
14. Getriebe nach Anspruch 2 und 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Getriebe-Generatorkombination als coaxiale Einbaueinheit in einem trommelförmigen Gehäuse angeordnet ist.
15. Getriebe nach Anspruch 2, 11 und 14, dadurch

gekennzeichnet, daß die koaxiale, trommelförmige Einbau-Getriebe-Generatoreinheit im Inneren eines Servenius-Rotors einer Klein-Windkraftanlage angeordnet ist.

16. Getriebe nach Anspruch 2, 11 und 14, dadurch gekennzeichnet, daß die koaxiale, trommelförmige Einbau-Getriebe-Generatoreinheit im Inneren eines schwimmenden Wasserrades einer Klein-Wasserkraftanlage angeordnet ist.

17. Getriebe nach Anspruch 2 und 11, dadurch gekennzeichnet, daß die koaxiale Getriebe-Generatorkombination in der Lagerbasis einer Rohrturbine einer Klein-Wasserkraftwerksanlage angeordnet ist.

18. Getriebe nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß im Kraftpfad des drehzahlvariablen Generators (23, 105) zusätzlich eine Haltebremse angeordnet ist.

19. Getriebe nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Getriebe-Generatorkombination in einem gemeinsamen Gehäuse (102) angeordnet ist, welches auch die Lagerbasis eines Wind- oder Wasserkraftmaschinen-Rotors bzw. -Läufers trägt (Fig. 5).

20. Getriebe nach Anspruch 2 und 19, dadurch gekennzeichnet, daß im gemeinsamen Gehäuse eine auf die Kraftmaschine einwirkende Haltebremse (132) angeordnet ist.

21. Getriebe nach Anspruch 2 und 19, dadurch gekennzeichnet, daß im gemeinsamen Gehäuse über ein Übersetzungsgetriebe mit der Kraftmaschine verbundene Schwungmasse angeordnet ist.

22. Getriebe nach Anspruch 2 und 19, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse eine vertikale Dreh- bzw. Schwenklagerbasis (158), bevorzugt bei den Einsatz als Windkraftanlage, aufweist.

23. Getriebe nach Anspruch 2, 6 und 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Getriebe-Generatorkombination eine Leistungs-, Regel- und Steuereinrichtung (147, 155) zugeordnet ist, die folgende Funktionsmerkmale aufweist:

- die Belastung des drehzahlvariablen Generators (23, 105) so dosiert und dem weitgehend konstant zu betreibenden Generator (22, 104) anpaßt, daß dieser in seinem Nenndrehzahlbereich betrieben wird;

- die Gesamtbelastung so geregelt wird, daß eine leistungsoptimale vorbestimmte Betriebsdrehzahl der Kraftmaschine (20, 119) ermöglicht wird, oder bei reiner Belastungsregelung der Kraftmaschinendrehzahl eine der Strömungsgeschwindigkeit des Arbeitsmediums leistungsoptimal angepaßtes, vorbestimmtes Drehzahl-Geschwindigkeitsverhältnis aufgezungen wird;

- wobei zur Einhaltung des Belastungsgleichgewichtes im Überlagerungsgetriebe (21, 107) Leistungsanteile des konstant betriebenen Generators (22, 104) in dem zweitrangigen Versorgungskreis (145) gesteuert werden.

24. Getriebe nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß eine Arbeitsmaschine eine hydraulische Arbeitsmaschine ist, bevorzugt eine Hydraulikpumpe.

25. Getriebe nach Anspruch 1, 2 und 24, dadurch gekennzeichnet, daß Einrichtungen angeordnet

sind, die den meisten Anteil der von der hydraulischen Arbeitsmaschine erzeugten Wärme einem Wärmetauscher oder -speicher zuführen.

26. Getriebe nach Anspruch 1, 2 und 24, dadurch gekennzeichnet, daß Förderstrom der Hydraulikpumpe durch einen Wärmetauscher geleitet wird.

27. Getriebe nach Anspruch 1, 2 und 24, dadurch gekennzeichnet, daß ein Druckregelorgan im Förderkreis der Hydropumpe angeordnet ist.

Beschreibung

Getriebe zum Übertragen und Wandeln von Drehzahl und Drehmoment zwischen Kraft- und Arbeitsmaschine(n) für Wind- und Wasser-Kleinkraftwerksanlagen zum Erzeugen von Elektrizität, insbesondere zur Versorgung autarker Versorgungsnetze.

Bei der Nutzung regenerativer, "sauberer" Energie wie Wind- und Wasserkraft und deren Umsetzung in elektrische Energie ist besonders die Effizienz der Erfassung und Umwandlung, aber auch die Anlagenkostenminimierung von besonderem Interesse. Auch sind die Betriebssicherheit und Langlebigkeit der Anlage und deren Komponenten ein wichtiges Auswahlkriterium und mit entscheidend für die Wirtschaftlichkeit solcher Konzeptionen.

Eine markante Besonderheit solcher regenerativer Energien, insbesondere der Windenergie, ist ihre sporadische und in der Intensität sehr unterschiedliche Auftretensweise. In Fig. 1 und deren Beschreibung werden die sich daraus ergebenden Schwierigkeiten und Probleme näher angezeigt, die einer effektiven Erfassung, Nutzung und Umsetzung in Elektrizität bei gleichzeitiger Forderung nach Betriebssicherheit, Langlebigkeit und Wirtschaftlichkeit im Wege stehen, bzw. bei herkömmlichen Anlagekonzeptionen sich nicht oder nur schwer in Einklang bringen lassen. Dies gilt besonders für Kraftwerkseinrichtungen für autarke, regionale Versorgungsnetze. Besonders bei solchen Versorgungsnetzen soll bereits bei schwachem oder mäßigem Wind der Grundbedarf an Elektrizität gedeckt werden. Bei starkem Wind oder geringem Grundbedarf an "sauberer" elektrischer Energie (Wechselstrom mit konstanter Frequenz) sollten andererseits darüber hinaus Voraussetzungen für die Verwertung aller anfallender Energie geschaffen werden.

Eine gewisse Problematik, besonders für autarke (für den Inselbetrieb geeignete) Versorgungsnetze stellt das Kosten-Nutzungsverhältnis solcher Anlagen dar. Denn hierbei schlagen besonders die Kosten für genaue Frequenzregelungen der relativ kleinen Anlagen stark zu Buche. Ferner erfordert eine optimale Umsetzung der Windenergie in (zunächst) mechanische Energie bekannterweise ein bestimmtes Rotorgeschwindigkeitsverhältnis zur Windgeschwindigkeit. Effiziente Umsetzungen erfordern daher auch eine Regelung bzw. Anpassung der Rotorblattgeschwindigkeit oder bzw. und des Anstellwinkels der Rotorblätter.

Für die Einhaltung konstanter Generatorfrequenzen bietet prinzipiell die Antriebstechnik in ihrem Übersetzungsverhältnis variable Getriebekomponenten an. Solche Übertragungspfade müssen natürlich für die maximal mögliche bzw. vorkommende Energie ausgelegt werden. Dies bedeutet bei dem sehr großen Leistungsspektrum des Windes, daß sie in den meisten Betriebszeiten geringen Windangebotes (s. Kurve 1 in Fig. 1) nur bei geringer Teillast und somit mit schlechtem Wirkungsgrad betrieben werden. Ferner bedeutet

dies nachteiligerweise, daß, bezogen auf die häufigste Betriebsweise, die Anlagen gewaltig überdimensioniert werden müssen. Neben den direkten, damit einhergehenden Investitionskosten erwachsen dadurch Nachteile auch bei der Montage. Eine knappe Dimensionierung bzw. Auslegung solcher variablen Getriebekomponenten scheidet wegen der Erfordernis absoluter Betriebssicherheit und Langlebigkeit aus.

Praktiziert wurden bereits "Belastungsregelungen" an starren Windrad-Getriebe-Generatorkonzeptionen. Dabei wird angestrebt, durch eine Belastungsregelung die Anlage in eine angestrebte Geschwindigkeit und somit auf eine konstante Generatorfrequenz zu zwingen. Dies ist wegen der relativ großen Trägheit des gesamten Drehsystems, aber auch wegen der (bekannten) während einer Umdrehung unterschiedlichen Leistungsänderungen (Pulsationen) nur in Grenzen möglich. Da dabei das Windgeschwindigkeits-Drehgeschwindigkeitsverhältnis völlig unberücksichtigt bleibt, ist die Effizienz der Energieumsetzung solcher Windkraftwerkskonzeptionen äußerst schlecht.

Am meiten verbreitet sind bisher starre Windrad-Getriebe-Generatorkonzeptionen, bei denen der Generator quasi im netzsynchronen Betrieb durch ein starkes, überregionales, öffentliches Netz in seiner Betriebsdrehzahl gehalten wird. Diese Möglichkeit scheidet natürlich bei "Inselbetrieb" aus. Auch ist wegen der unberücksichtbaren Wind-Drehzahlgesetzmäßigkeit die Energieumsetzung in den weitesten Betriebsspektren äußerst uneffizient.

Im wesentlichen setzen sich derzeitige handelsübliche Kleinkraftwerksanlagen aus separaten Komponenten der Antriebstechnik, wie Lagerbock für den Läufer, Gelenkwellen, Kupplungen, Stufengetriebe und elektrischem Generator zusammen, zusätzlich eine oblige Rahmen- bzw. Aufnahmebasis mit Dreh- bzw. Schwenkeinrichtung. Solche Konzeptionen sind kostenintensiv, relativ schwer und daher auch transport- und vor allem montageunfreundlich, was für die meist entlegenen Einsatzorte ein wichtiges und nachteiliges Kriterium ist. Dies ist bei Windkraftanlagen wegen ihrer Anordnung auf Türmen besonders relevant.

Vorstehende Kriterien und Gesichtspunkte, die für eine effiziente Erfassung und Nutzung sauberer, regenerativer Energien an Windkraftwerksbeispielen verdeutlicht werden, gelten im wesentlichen auch für Wasserkraftanlagen.

Die allgemein einfache Bauweise von Wasserkraftmaschinen, besonders der Wasserzubringeranlagen, die bei Kleinanlagen meist aus offen fließenden Gewässern oder Stauwerken bestehen, ermöglicht einen verbreiteten Einsatz in Entwicklungsgebieten.

Im Gegensatz zu größeren und großen Wasserkraftwerken mit weitgehend konstanten Fallhöhen, wo präzise Drehzahlregelungen üblich sind, ist bei Kleinanlagen der Anteil des Investitionsvolumens für Drehzahlfassungs- und Regeleinrichtungen im Verhältnis zu den übrigen Kosten ebenfalls relativ sehr groß.

Stark variierende Fließgeschwindigkeiten oder unterschiedliche Fallhöhen fordern auch bei dieser Energienutzung um Konstanthalten der Generatordrehzahl und Optimierung des Wasserkraftmaschinen-Strömungsgeschwindigkeitsverhältnisses besondere Maßnahmen und Einrichtungen.

Vorliegender Erfindung liegt die Aufgabe und das Ziel zugrunde, Antriebskonzeptionen für Wind- und Wasser-Kleinkraftanlagen zu schaffen, die

— einerseits eine besonders effiziente Energieausbeute und Bereitstellung "sauberer" elektrischer Energie im unteren Wind- oder Wasser-Strömungsgeschwindigkeitsbereich ermöglicht, andererseits auch viel anfallende Energien im oberen Strömungsgeschwindigkeitsbereich erfassen und umsetzen kann;

— von der Konzeption und der Bauelementeauswahl her Betriebssicherheit und Langlebigkeit gewährleistet;

— autarke Einsatz- und Versorgungsaufgaben ermöglicht;

— geringes Gewicht und kostengünstige Konstruktionslösungen aufweist.

Die Lösung besteht im einzelnen, in den in den Patentansprüchen und Ausführungsbeispielen beschriebenen Konstruktions- und Kombinationsmerkmalen. Im wesentlichen zeichnen sie sich dadurch aus, daß

a) der von der Kraftmaschine kommende Leistungspfad in zwei Leistungspfade aufgeteilt ist, wovon einer bevorzugt zur Deckung eines Grundbedarfes an "sauberer" Elektrizität über ein stufenloses Getriebe einen Generator mit weitgehend konstanter Drehzahl antreibt und der zweite Leistungspfad aus einem starren Übersetzungsgetriebe und einem weiteren Generator besteht, welcher bevorzugt die den Grundbedarf an "sauberer" Energie überschreitende anfallende Wind- oder Wasserenergie in Gleich- oder Wechselstrom beliebiger Frequenz für untergeordnete, z. B. für Heizzwecke oder zur elektrolytischen Wasserstoffgewinnung, umsetzt; oder auf anderer Weise in Wärme umsetzt,

b) der von der Kraftmaschine kommende Leistungspfad durch ein Überlagerungsgetriebe in zwei Leistungspfade mit je einer Arbeitsmasch. (Generator) aufgeteilt wird, wobei die Auslegung des Überlagerungsgetriebes derart ist, daß ein den Grundbedarf deckender erster Generator bereits bei Stillstand oder niedriger Drehzahl des zweiten im untersten Betriebsdrehzahlbereich der Kraftmaschine bereits die volle Nenndrehzahl einnimmt und mit zunehmender Kraftmaschinendrehzahl bei gleichbleibender Nenndrehzahl des ersten Generators der zweite Generator eine zunehmende Drehzahl und zunehmenden Leistungsanteil übernimmt bzw. überträgt.

Die Nutzeffekte und Vorteile bestehen im wesentlichen darin, daß

— der den Grundbedarf mit "sauberer" elektrischer Energie versorgende Leistungspfad mit einem drehzahlgeregelten Getriebe relativ klein und dadurch kostenminimierend ausgeführt werden kann, ferner die Verluste in diesem Leistungspfad gering bleiben, während sporadisch anfallende große Energiemengen durch den zweiten Leistungspfad mit einfachen Übertragungselementen geleitet und umgesetzt werden können. Dadurch werden die Investitionskosten minimiert, sowie Betriebssicherheit und Lebensdauer günstig beeinflusst;

— die stufenlose Übertragungseinricht. aus einem robusten, für den Einsatzfall günstigen coaxialen Planetenüberlagerungsgetriebe in Verbindung mit wartungsarmen Elektr.- o. Hydr.-maschinen be-

steht, welche sowohl die Drehzahlregelung des einen Generators als auch die Erfassung aller Wind- oder Wasserenergie und deren Umsetzung in Elektrizität bewerkstelligen; diese Antriebs- bzw. Kraft- und Arbeitsmaschinenkonzeption ermöglicht einen niedrigen Investitionsaufwand und ein geringes Baugewicht sowie eine effiziente und verlustarme Energieerfassung und -umsetzung.

Weitere ausführungsspezifische Vorteile enthalten die Beschreibungen.

Ausführungsbeispiele

Fig. 1 Windgeschwindigkeitsabhängige Diagrammdarstellung von einer repräsentativen, relativen Windhäufigkeitsverteilung, eines Windkraftmaschinenleistungsverlaufes sowie die Leistungsverteilung bei Leistungsverzweigung gemäß Anspruch 1 und 2.

Fig. 2 Schemendarstellung einer Wind- oder Wasserkleinkraftwerksanlage mit einem zwischen der Kraftmaschine und Arbeitsmaschine(n) angeordneten Verzweigungsgetriebe mit einem variablen und einem festen Ausgangspfad mit je einem separaten elektrischen Generator.

Fig. 3 Schemendarstellung einer Wind- oder Wasserkleinkraftwerksanlage mit einem Überlagerungsgetriebe zwischen der Kraftmaschine und zwei Arbeitsmaschinen (elektr. Generatoren).

Fig. 4 Schematisches Ausführungsbeispiel einer Windkraftanlage nach Fig. 2 mit in einem einheitlichen Gehäuse integrierten Getriebekomponenten und daran angeordneten Kraft- und Arbeitsmaschinen.

Fig. 5 Schematisches erweitertes Ausführungsbeispiel einer Windkraftanlage nach Fig. 3 bzw. Anspruch 2.

Fig. 6 Schematisches Ausführungsbeispiel einer Klein-Wasserkraftwerksanlage mit einer Ossbergwasserturbine und zwei Arbeitsmaschinen, wovon eine als elektr. Generator und die andere als Hydraulikpumpe ausgeführt ist, mit einer dazwischen angeordneten Überlagerungsgetriebe.

Beschreibung zu den Ausführungsbeispielen

Zu Fig. 1

Kurve 1 zeigt den relativen Windgeschwindigkeitsanteil eines Jahres beispielsweise an einem Nordseestrand. Kurve 2 sei die Leistungskennlinie einer Windkraftmaschine, die bei 10 m/sec Windgeschwindigkeit im Betriebspunkt 7 ihre Nennleistung erreicht. Der Verlauf verdeutlicht die starke Einflußnahme der Windgeschwindigkeit auf die Leistung ($P = f(v^3)$) solcher Kraftmaschinen und offenbart ein gewisses spärliches Leistungsangebot im unteren Windgeschwindigkeitsbereich. Zur Sicherstellung eines gewissen Grundbedarfs an zu gewinnender elektrischer Energie, der vorliegend durch Kurve 5 dargestellt wird, müssen daher Windkraftanlagen relativ groß ausgelegt werden. Andererseits muß, um schädliche Überlastungen und Zerstörungen an der Anlage auszuschließen, Vorsorge getroffen werden, die mit der Windgeschwindigkeit progressiv zunehmende Leistung zu begrenzen. Dies kann z. B. durch Schwenken der Rotorblätter geschehen, wodurch nach Erreichen des Nennlastbetriebspunktes 7 die Leistungskennlinie 2 in Kurve 3 übergeht. Punkt 4 sei der Beginn

des Betriebsbereiches, Punkt 8 der Betriebspunkt bei dem erst die volle angestrebte Grundlast zur Verfügung steht. Zwingend ist daher, daß gerade im unteren Windgeschwindigkeitsbereich eine effiziente und optimale Windenergieerfassung und Umsetzung erreicht wird.

Wird z. B. zur Erzielung konstanter Generator Drehzahlen zwischen Kraft- und Arbeitsmaschine ein stufenloses Getriebe angeordnet, welches mindestens für Betriebspunkt 7 ausgelegt sein muß, und dem ein lastunabhängiger, konstanter Verlustleistungsanteil von 8% unterstellt, verzehren diese Leistungsverluste im unteren Betriebsbereich zwischen den Betriebspunkten 4 und 8 ca. 100 bis 30% des zur Verfügung stehenden gesamten Leistungsangebotes!

Durch Aufteilung der Kraftmaschinenleistung in zwei Leistungspfade gem. Fig. 2 bzw. nach Anspruch 1, wobei der drehzahlger. Gen. (13, 23) nur die unter Kurve 5 anfallende Windenergie in "saubere" elektr. Energie umwandelt, und unter Zugrundelegung eines Verlustanteiles des Stufenlosgetr. (12, 39/31) von 10%, betragen die Leistungsverluste zwischen den Betriebspunkten 4 und 8 vergleichsweise nur ca. 35 bis 10% des Leistungsangebotes.

Vorstehende vergleichende Verlustleistungs-Betrachtung bezieht sich nur auf das Übertragungselement "stufenloses Getriebe"; die Verlustrelationen des Elektrogenerators liegen ähnlich, seine Verlustanteile kommen noch hinzu! Die mit dem Erfindungsgedanken erzielbaren Effektivitätssteigerungen besonders im diesbezüglich relevanten Betriebsbereich sind daher sehr groß.

Mit Leistungsverzweigung gemäß Fig. 3 u. 5 bzw. gemäß Anspruch 2 lassen sich ähnliche Nutzeffekte erzielen. Hierbei wird zwar ab Betriebspunkt 4 nach Erreichen der unteren Betriebsdrehzahl des "sauberen" Generators (23, 104) bereits ein Leistungsanteil durch den drehzahlvariablen Generator (22, 105) übernommen, wodurch der Grundlastpunkt 9 später erreicht wird. Doch sind die Verlustleistungsminderungen noch beträchtlich. Der "saubere" Leistungsanteil des drehzahlgeregelten Generators (22, 104) entspricht somit der links schräggestrichelten Fläche unter Kurve 10, der Leistungsanteil des drehz.-ungeregelten Generators 23 und 105 der darüberliegenden rechts gestrichelten Fläche bis Kurven 2-3.

Zur Fig. 2

Die Kraftmaschine 11 treibt über ein Verteilergetriebe 12 die elektrischen Generatoren 13 und 14 an. Der Ausgangspfad 15 wird durch eine stufenlose Getriebe-komponente 16 auf konstanter Drehzahl gehalten. Ausgangspfad 17 steht mit der Kraftmaschine 14 in einem festen Übersetzungsverhältnis. Zwischen Kraftmaschine 11 und Verteilergetriebe 12 kann vorteilhafterweise eine nicht dargestellte Übersetzungsstufe angeordnet sein.

Neben den in Beschreibung zu Fig. 1 angeführten Vorteilen der Verlustleistungseinsparung und Schaffung effizienter Energieumsetzung kann damit der konstruktive und somit Investitions-Aufwand gesenkt werden. Infolge Gewichtseinsparung werden auch die Montagekosten und Kosten des Turmes reduziert. Durch die Übertragung der hohen Leistungsanteile über einen starren, unproblematischen Übertragungspfad wird auch die Betriebssicherheit und Lebensdauer günstig beeinflusst.

Zu Fig. 3

Die Kraftmaschine 20 treibt über ein Überlagerungs- und Verteilergetriebe 21 die elektrischen Generatoren 22 und 23 an. Das Überlagerungs- und Verteilergetriebe 21 besteht aus einem Planetengetriebe, dessen Steg 24 mit seinen Planetenrädern 25 mit der Kraftmaschine 20, das äußere Sonnenrad 26 mit Generator 22 und das innere Sonnenrad 27 mit Generator 23 in Verbindung steht. Generator 23 wird durch eine Belastungsregelung für den separaten Versorgungskreis des Generators 22 auf konstanter Drehzahl gehalten und versorgt ein "sauberes" Grundlastnetz. Antriebsseitig des Getriebes 21 kann vorteilhafterweise ebenfalls wieder eine weitere Übersetzungsstufe angeordnet sein.

Außer den bereits in Fig. 1 beschriebenen Nutzeffekten und Vorteilen bietet die koaxiale Anordnung von Getriebe und Generatoren eine besonders für Windkraftanlagen ideale Form und Raum, sowie gewichtsparende Konzeption. Der ausschließliche Einsatz wartungsarmer Stufengetriebe und Elektromaschinen verbürgt auch Betriebssicherheit und Langlebigkeit.

Zu Fig. 4

In einem gemeinsamen Getriebegehäuse 30 befindet sich das stufenlose Getriebe 31, ein als Planetengetriebe ausgeführtes Übersetzungsgetriebe 32, die Lagerbasis 33a und 33b der Windkraftmaschinenwelle 34, eine Haltebremse 35, die horizontale Schwenklagerbasis 36 und angeflanscht direkt daran, die elektrischen Generatoren 37 und 38. Die über Welle 34 eingeleitete Drehbewegung wird durch Getriebe 32 erhöht und an Reibscheibensatz 39 des als Kegelreibscheibenumschlingungsgetriebe ausgebildeten stufenlosen Getriebes 31 geleitet, wobei über den starren Ausgangspfad 40 mit variabler Drehzahl der Generator 37 oder bzw. und über den Reibscheibensatz 41 und der konstant laufenden (geregelten) Abtriebsbasis 42 der Generator 38, der einen "sauberen" Grundversorgungskreis versorgt, antreibt.

Außer den bereits unter Fig. 1 und 2 angeführten Nutzeffekten und Vorteilen wird mit vorliegender konstruktiven Anordnung der einzelnen Komponenten, insbesondere durch ihre Integration in ein gemeinsames Gehäuse, eine für Windkraftanlagen ideale, montageleichte, gewichtsarme Ausführung geschaffen.

Zu Fig. 5

Die koaxial ausgeführte Kombination besteht im wesentlichen aus dem Windturbinenlagergehäuse 101, einem Stufengetriebe 102, den beiden elektrischen Generatoren 104 und 105 mit dem dazwischen angeordneten Verteilergetriebe 103. Der Kraftfluß erfolgt über die hohle Turbinenwelle 106, dem daran befestigten Steg 107 des als Planetengetriebes ausgeführten Stufengetriebes 102, über die Planetenräder 108, abstützend am verdrehfeststehenden äußeren Sonnenrad 109 zum inneren Sonnenrad 110. Weiter führt der Kraftpfad über die Welle 111 durch den hohlen Rotor 112 des Generators 104 zum Steg 113 des als Planetengetriebe ausgeführten Verteilergetriebes 103. Hier wird die Antriebsleistung über das Planetenrad 114, dem inneren Sonnenrad zum Rotor 112 des Generators 104, über das äußere Sonnenrad 114 zur Welle 116 des Rotors 117 des Generators 105 aufgeteilt bzw. geleitet. In der Windturbinen-Radnabe 118 sitzen drehbar die Rotorblätter 119 mit dem Verstellgestänge 120, welches sich auf einen durch

die Federn 121 einseitig vorbelasteten Hydraulikkolben 122 abstützt. Die Rotorblattausbildung und -drehpunktanordnung und die Gegenkraftabstimmung sind vorteilhafterweise derart, daß nach Überschreiten einer vorbestimmten Blattbelastung bei zunehmender Windgeschwindigkeit die Rotorblätter 119 auf einen steileren Anstellwinkel einschwenken und sich somit die Rotorgeschwindigkeit nicht wesentlich vergrößern kann (s. auch Kurve 3, Fig. 1). Diese Bewegungen werden im Verdrängerraum 123 durch die Drosselstelle 124 gedämpft. In der hohlen Turbinenwelle 106 ist die Welle 125 eines vor der Kraftmaschine sitzenden Referenzwindflügels 126 gelagert, der die Windgeschwindigkeit erfäßt und für Steuer- und Regelzwecke mittels Drehzallsensoren 127, 128 weiterleitet, sowie zum Antrieb der Steuer- und Servoaufgaben dienenden Hydraulikpumpe 129 und bzw. oder einer Elektromaschine 130 dient. Der Kraft- und Geschwindigkeitsfluß zu diesen zu Meß- und Servozwecken dienenden Arbeitsmaschinen 129, 130 erfolgt vorteilhafterweise ebenfalls über ein Überlagerungsgetriebe, welches im Normalbetrieb zur Verminderung ihrer Verlustanteile ihre Drehzahlen stark reduziert, während bei Stillstand, z. B. zum Versorgen der Haltebremse 132 durch die Hydraulikpumpe 129 und zur Sicherstellung eines Steuer- oder Notkreises die Elektromaschine 130 weiter bzw. erst recht aktiviert wird. Die eingeschränkte Leistung dieser Arbeitsmaschinen 130 und 131 im Normalbetrieb begünstigt auch die Erfordernis, daß das als "Referenzmaschine" dienende Windrad 126 windgeschwindigkeitsproportionale Drehzahlen einnimmt. Dieses Überlagerungsgetriebe besteht in vorliegender Schemadarstellung aus dem turbinenläuferfester Steg 133 mit den Planetenrädern 134 und 135, die einerseits mit dem referenzwindradfesten äußeren Sonnenrad 136 und andererseits mit einem äußeren Planetenrad 137 im Eingriff stehen, welches auf der Turbinenwelle 106 gelagert ist und einen weiteren Zahnkranz 138 trägt, der über die Zahnräder 139 und 140 die Maschinen 129 und 130 antreibt.

Generator 104 mit seiner konstant zu regelnden Drehzahl speist vorrangig Elektrizität in einen Verbraucherkreis 141 mit frequenzgebundenen Verbrauchern 142. Generator 105 mit variabler Drehzahl, dessen Belastung zur Konstanthaltung des Generators 104 geregelt wird, liefert Elektrizität in den Versorgungskreis 143 mit großem Frequenzspektrum, dessen Verbraucher 144 vorzugsweise aus Heizeinrichtungen 144 bestehen. Zur optimalen bzw. gänzlichen Nutzung der angebotenen Strömungsenergie kann die überschüssige, den Grundbedarf des Verbraucherkreises 141 überschreitende elektrische Energie an einen weiteren zu übertragenden Verbraucherkreis 145 abgegeben werden, der z. B. ebenfalls Heizeinrichtungen 146 versorgen kann.

Die Drehzahl der Kraftmaschine 119 wird zu deren Leistungsoptimierung der jeweils herrschenden Strömungsgeschwindigkeit des energieführenden Strömungsmediums angepaßt, wobei mikroprozessorgesteuert den jeweiligen Kennfeldern der Kraftmaschine entsprochen werden kann. Hierfür gibt der Regler 147 aufgrund der Eingangsgrößenverhältnisse der Signalgeber 127/128 ein Belastungsgrößensignal ab, welches nach weiterer Beeinflussung auf die Leistungsregler 149 und 150 einwirkt. Das Regelprinzip besteht darin, daß z. B. bei Zunahme der Kraftmaschinendrehzahl ihr mehr Leistung abverlangt und sie dadurch wieder auf ein niedrigeres Drehzahlniveau gezwungen wird, ebenso im umgekehrten Sinne. Der Kurvenverlauf 151 stellt die maximal mögliche Leistungskennlinie der Kraftmaschi-

ne dar; Kurve 152 ist beispielsweise eine programmierte Regelkennlinie, die Abszisse 153 verdeutlicht die Soll- und Istwertrelationen des Geschwindigkeitsverhältnisses mit Bereich 154 als angestrebten Betriebsbereich.

Regler 155 arbeitet im Prinzip eines Balancereglers und verarbeitet Stellsignale 148 und Istwert 158 gemäß Kennlinien 156 und 157 und übernimmt die Leistungsregelung der Generatoren 104 und 105. Als weitere Regelphilosophie ist möglich, den Balanceregler nur alleine einzusetzen, z. B. dann, wenn die Leistung des Verbraucherkreises 141 alleine die Leistungsregelung von Generator 105 bestimmt. In diesem Fall erübrigt sich Regler 147 oder er kann als Leistungsbegrenzer eingesetzt werden, wobei Kreis 141 nochmals aufgesplittet wird in einzelne Kreise, von denen dann nach Überschreiten der Kennlinie 151 Lasten abgeschaltet werden, um ein "Abwürgen" der Kraftmaschine 119 auszuschießen.

Zu Fig. 6

20

Die Kraftmaschine 50, z. B. eine Ossbergwasserturbine mit ihrem Laufrad 51, einem Leitschaufelkranz 52 sowie einem die Durchströmungsgeschwindigkeit des Wassers erfassenden Reverenzläufers 53, treibt über die Hohlwelle 54, das Getriebe 55 sowohl über ein drehzahlgeregeltes stufenloses Getriebe 56 einen elektrischen Generator 57, als auch eine hydraulische Arbeitsmaschine, z. B. eine Pumpe 58, an. Der elektrische Generator 57 versorgt bevorzugt ein elektrisches Versorgungsnetz mit frequenzgeregeltem Strom, wobei bevorzugt die Generatorgröße so abgestimmt ist, daß der Grundbedarf des Versorgungsnetzes 59 von der meist zur Verfügung stehenden Antriebsenergie gedeckt wird. Die den Grundbedarf des Generators 57 überschreitenden Leistungsgebote werden durch die Hydraulikpumpe 58 in Druckenergie umgewandelt, welche nach Entspannung im Ventil 60 als Wärme im Förderstrom im Primärkreis 61 dem Wärmetauscher 62 zugeführt wird. Über dessen Sekundärkreis 63 können Wärmeverbraucher 64 beliefert werden, z. B. für Heizzwecke oder für Brauchwasseraufbereitung. Eine Leistungsregelung zum Einhalten eines vorbestimmten Geschwindigkeitsverhältnisses zwischen Kraftmaschinen-drehzahl und Strömungsgeschwindigkeit des antreibenden Mediums, die der Optimierung der Kraftmaschinenleistung dient, besteht aus einer, dieses Geschwindigkeitsverhältnis erfassende Sensor- und Servoeinrichtung 65, die über Übertragungselemente 66 und 67 auf das Druckregelorgan 60 einwirkt. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel besteht die Sensor- und Stelleinrichtung 65 aus einem, die Differenzdrehzahl in Axialwege umwandelnden Mechanismus 68, 69, 70, 71, wobei natürlich die Schaufelgestaltung der Laufräder 51 und 53 entsprechend aufeinander abgestimmt ist.

55

Alternativ können natürlich auch andere Ausführungsformen zum Einsatz kommen, z. B. im Zuflußkanal angeordnete, mechanische, hydraulische oder elektrische Zuflußgeschwindigkeitsmeßeinrichtungen mit zweckentsprechend wirkenden Stell- und Regelfunktionen.

60

Der Hauptvorteil vorliegender mehrpfadigen Kraftmaschinen-Getriebe-Arbeitsmaschinen-Kombination liegt darin, daß

65

- die Arbeitsmaschinen zur Erfassung von Energiespitzen bzw. Umwandlung in andere Energien aus relativ einfachen, robusten Systemen bestehen;
- die Regeleinrichtung zur leistungsoptimierenden Drehzahlregelung der Kraftmaschine aus einfachen, kostengünstigen und robusten Systemen und Komponenten besteht.

- die Komponenten zur Drehzahlregelung relativ klein und somit verlustarm und kostengünstig gehalten werden können;

- Leerseite -

Nummer:
Int. Cl.4:
Anmeldetag:
Offenlegungstag:

37 14 858
F 03 D 9/00
5. Mai 1987
24. November 1988.

Fig. 1

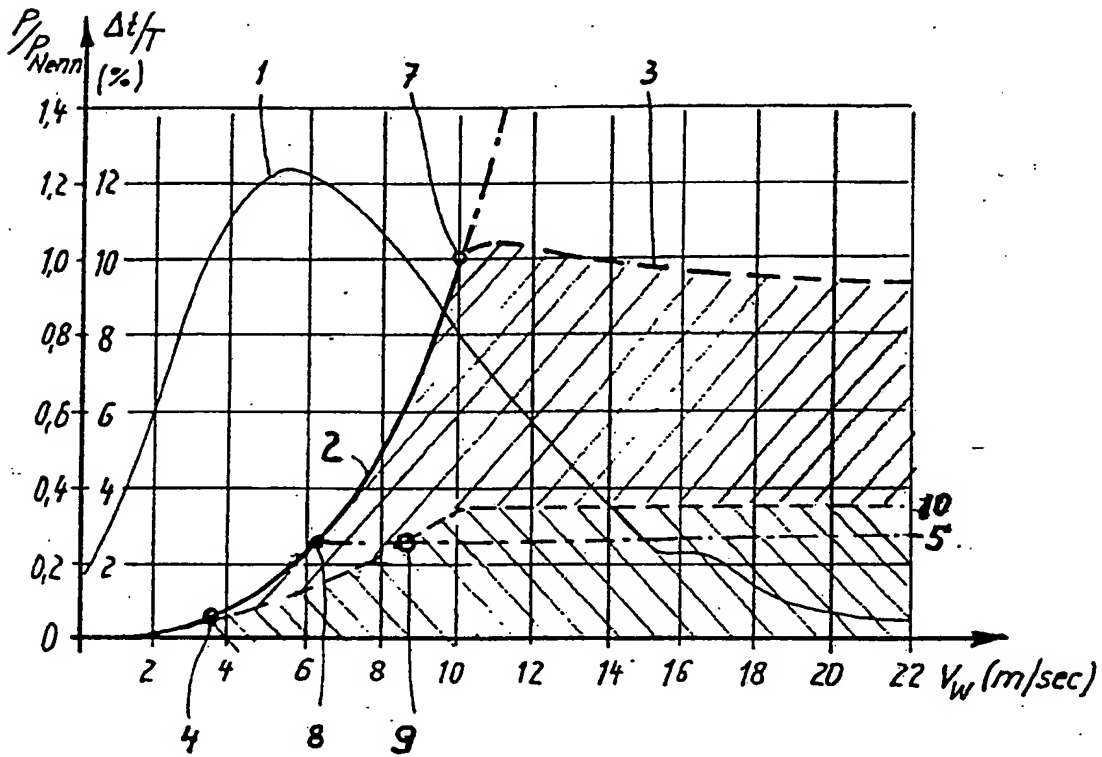
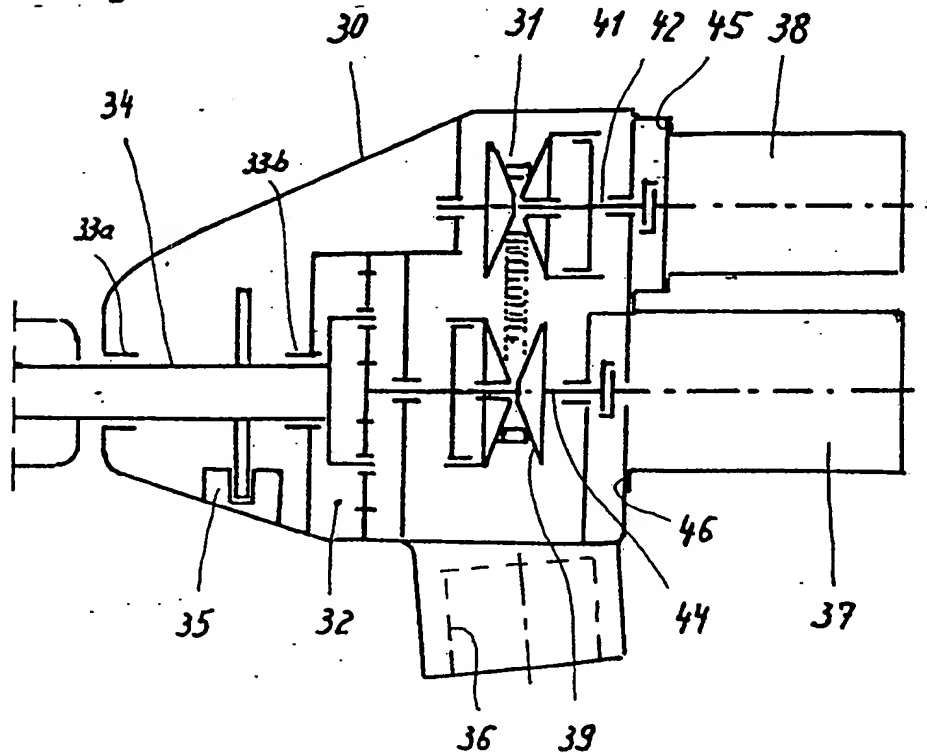


Fig. 4



3714858

Fig. 2

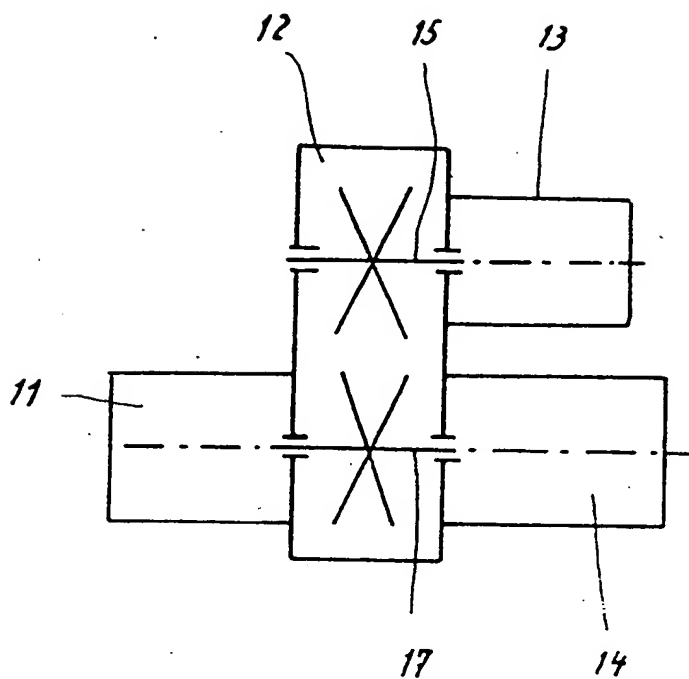
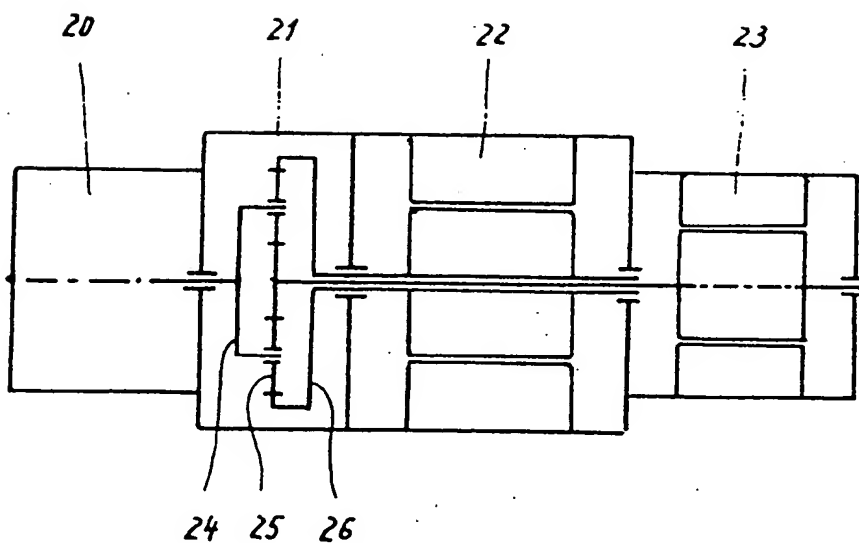


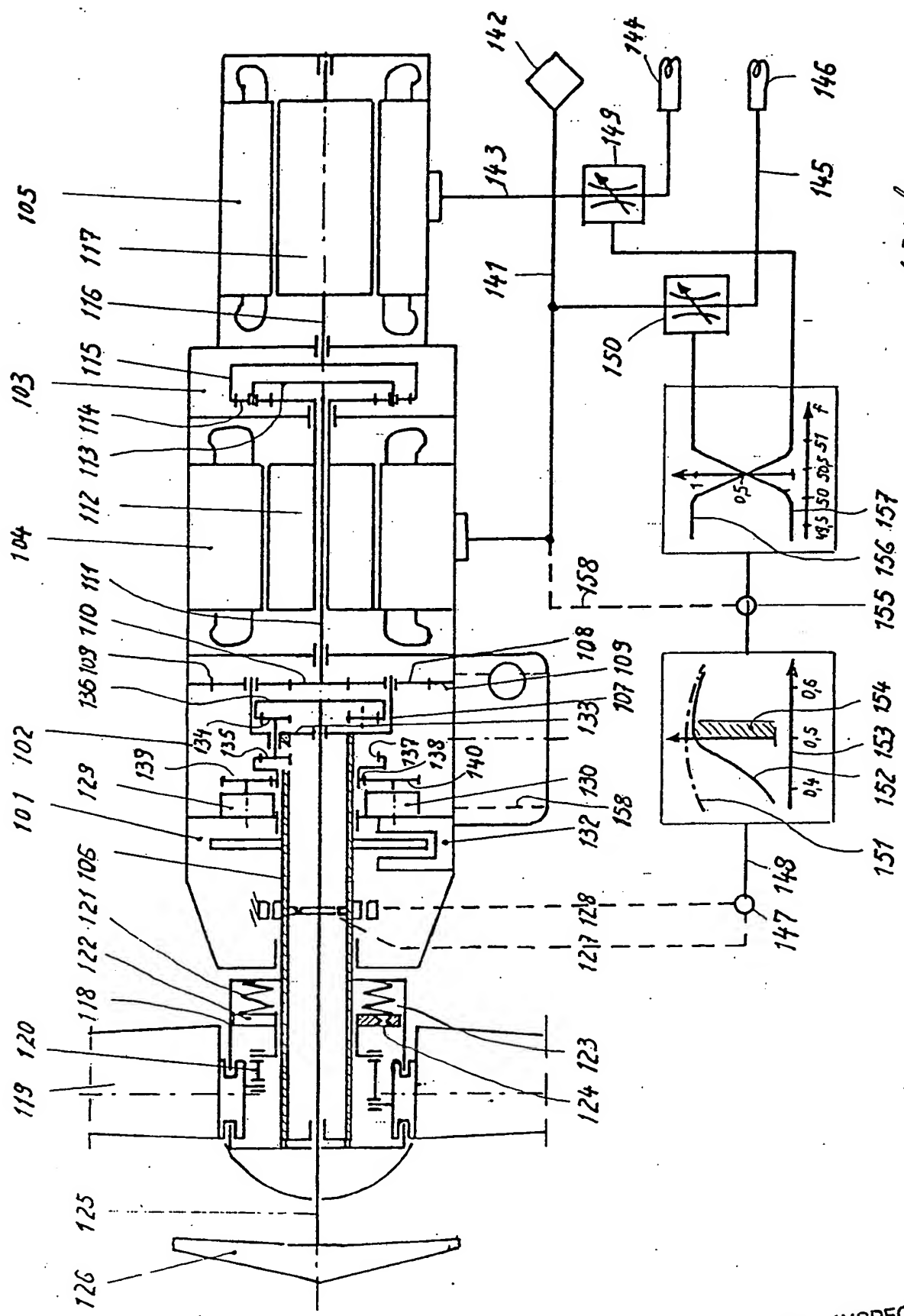
Fig. 3



NACHGESICHT

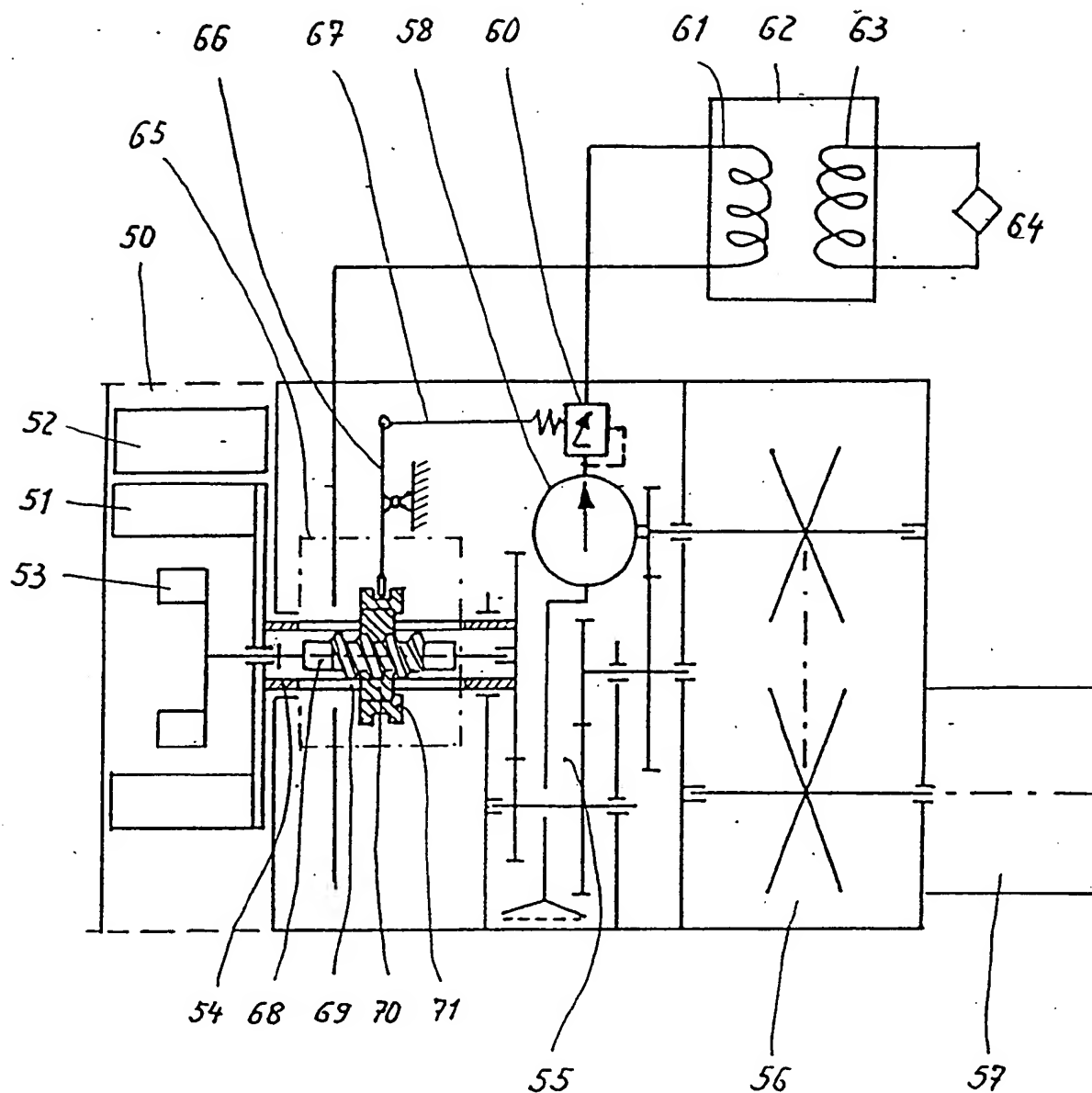
3714858

Fig. 5



6.7. 10. 100.

Fig 6



4.